

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

УДК 621.396.62:621.3.049.77

Силич
Кристина Сергеевна

Моделирование радиоприемных устройств на основе многостенных
углеродных нанотрубок

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра технических наук
по специальности 1-41 80 03 Нанотехнологии и наноматериалы
(в электронике)

Научный руководитель
Абрамов Игорь Иванович
доктор физико-математических наук,
профессор

Минск 2016

Работа выполнена на кафедре микро- и наноэлектроники учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Научный руководитель:

Абрамов Игорь Иванович,

доктор физико-математических наук,
профессор кафедры микро- и
наноэлектроники учреждения образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

Рецензент:

Хмыль Александр Александрович

доктор технических наук, профессор
кафедры электронной техники и технологии
учреждения образования «Белорусский
государственный университет информатики
и радиоэлектроники»

Защита диссертации состоится «20» января 2016 г. года в 9 часов на заседании Государственной комиссии по защите магистерских диссертаций в учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» по адресу: 220013, г.Минск, ул. П.Бровки, 6, 4 уч. корп., ауд. 804, тел.: 293-89-92, e-mail: kafei@bsuir.by.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

ВВЕДЕНИЕ

С момента открытия углеродных нанотрубок Iijima S. в 1991 году по настоящее время представление о наноструктурах изменилось кардинально. Несмотря на кажущуюся простоту и даже примитивность, нанотрубки обладают множеством уникальных электрических и механических свойств. Они могут служить как материалом для постройки сверхпрочных конструкций, так и основой для создания высокочастотных транзисторов и миниатюрных радиопередающих систем. В изучении свойств наноструктур объединились физики, химики, механики, биологи и инженеры. С каждым годом растет число применений нанообъектов, разрабатываются новые программные средства для создания моделей наноструктур и их изучения. Нанотрубка, как правило, является одним из важнейших объектов исследования с помощью таких средств. Создание моделей различных видов нанотрубок автоматизируется.

Потребность в новых материалах с новыми свойствами привела современную науку к исследованиям наноматериалов, но наноразмеры требуют в экспериментах с нанообъектами дорогостоящей высокоточной аппаратуры. Несмотря на большое количество экспериментальных работ по определению механических свойств нанообъектов, информации и понимания внутреннего устройства нанообъектов в полной мере не хватает. Поэтому активно ведутся разнообразные теоретические работы в области описания и моделирования различных свойств наноструктур.

В проделанной работе проведено моделирование и оценка параметров нанорадио, построены зависимости, которые отражают функционирование параметров нанорадио в различных условиях.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы магистерской диссертации. Разработка радиосистем с размерами элементов в нанодиапазоне является одним из приоритетных направлений в нанотехнологических применениях. Нанорадио благодаря своей простоте и функциональности, а главное – малым размерам, займет свою нишу среди коммерческих продуктов. Для ускорения внедрения нанорадио на унт в самые различные сферы деятельности проводится моделирование его всевозможных параметров, исследование и оценка свойств, изучение возможностей применения в разнообразных сферах.

Цель и задачи исследования.

Целью данной работы являлся подбор конструктивных параметров многостенных углеродных нанотрубок для моделирования параметров нанорадио на их основе.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Моделирование и анализ основных характеристик нанорадио, которые определяют его функционирование;
2. Построение зависимостей, которые будут отражать функционирование нанорадио при различных условиях.

Объект и предмет исследования. Объектом исследования является конструкция нанорадио. Предметом исследования являются параметры нанорадио и его конструктивные особенности.

Теоретическая и методологическая основа исследования.

В основу диссертации легли результаты известных исследований белорусских, российских и зарубежных ученых в области нанoeлектроники и математического моделирования.

Имитационные расчеты параметров нанорадио осуществлены в пакете Digital Visual Fortran. Обработка данных проводилась с использованием MSExcel. Для реализации наглядного представления расчетов применялся программный пакет Origin Pro 8.0.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту. На защиту выносятся следующие основные результаты:

1. Определение оптимальных конструктивных параметров углеродных нанотрубок для численного моделирования параметров нанорадио на их основе;
2. Моделирование и анализ ВАХ нанорадио на основе массивов УНТ;
3. Моделирование демодуляции радиочастотных сигналов в нанорадио.

Теоретическая и практическая значимость.

Результаты работы вносят вклад в теорию математического моделирования наносистем, они могут быть использованы при проектировании и разработке технических систем, созданных на основе нанотрубок или других нанообъектов.

Апробация результатов диссертации. Основные теоретические результаты и законченные этапы диссертационной работы были доложены на 51-й научной конференции студентов, магистрантов, аспирантов БГУИР, 2015.

Публикации. Основные положения работы и результаты диссертации изложены в 2 опубликованных работах, представленных в материалах международных научно-практических и научно-технических конференций (см. список опубликованных работ).

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, общей характеристики работы, трех глав, заключения и списка использованных источников, включающего наименований. Общий объем диссертации составляет страниц.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** рассмотрено современное состояние исследования наноструктур, а также дается обоснование актуальности темы диссертационной работы.

В **первой главе** приводится обзор современной научно-технической литературы, посвященной наноуглеродным материалам, полевой эмиссии электронов из наноуглеродных материалов и структур, а также проблеме создания эффективных и долговечных «холодных» катодов на основе наноуглерода. Кратко рассмотрены систематика форм углерода и способы изготовления углеродных материалов и покрытий различных типов. Проведен анализ публикаций, посвященных эмиссионным свойствам различных видов наноуглеродных материалов: нанотрубок, структур на основе графена, алмазных пленок, нанографита.

Во **второй главе** рассмотрена автоэлектронная эмиссия безострийных нанотрубок. Особое внимание уделяется описанию и обсуждению теоретических моделей, предлагаемых авторами публикаций для объяснения феномена низковольтной автоэлектронной эмиссии электронов, характерного для многих углеродных материалов и структур. Проводится обзор эмиссионных характеристик массивов УНТ, описывается эффект экранирования и способы его избежания. Рассмотрен вопрос использования УНТ как радиочастотного демодулятора.

Третья глава посвящена результатам моделирования параметров нанорадио. Построены и проанализированы ВАХ массивов УНТ разной размерности и при разных условиях (в зависимости от расстояния между нанотрубками в массиве и в зависимости от высоты массива). Приведена зависимость амплитуды колебаний УНТ от частоты при различных значениях добротности. Откуда можно сделать вывод, что амплитуда колебаний γ чувствительна к добротности системы, а, следовательно, и качество воспринимаемого нанорадио сигнала. Также графически отображены вычисленные токи демодуляции и различных составляющих для АМ и FM сигнала от несущей частоты.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Практика неоднократно показывала, что в области современных технологий нет ничего невозможного. Простейшие радиоприемные системы на нанотрубках – всего лишь первый шаг для наноэлектроники, так же, как и в начале прошлого века, примитивные детекторные приемники стали первым шагом на пути создания совершенных приемопередающих систем наших дней.

УНТ - это единственная форма нанопровода, с помощью которой можно добиться высоких токов полевой эмиссии, стабильности и настраиваемости. Это непосредственно связано с геометрическими размерами и свойствами.

Главное преимущество нанорадио на УНТ характеризуется известной оценкой, о том, что его размеры могут быть уменьшены на 4 – 5 порядков по сравнению с достижимыми для известных промышленных технологий сегодняшнего дня. В связи с этим, его применение может быть самым широким, начиная от медицины и заканчивая космосом. Учитывая выделенные достаточно серьезные проблемы, ясно, что в настоящее время мы находимся лишь в самом начале пути.

В данной работе осуществлялся подбор конструктивных параметров НЭМС, представляющей собой нанорадио на основе многостенной УНТ, на основании этих параметров было произведено моделирование параметров нанорадио. Произведен анализ полученных данных и даны рекомендации.

С использованием методики экспрессного расчета ВАХ массивов УНТ, входящих в нанорадио установлено, что ток эмиссии существенно не изменяется при достижении расстояния между нанотрубками сопоставимого с высотой массива. Также, чем больше высота массива, тем больше ток эмиссии при фиксированном расстоянии до противоположного электрода.

Были представлены уравнения АМ и FM демодуляции для полевой эмиссии УНТ в нанорадио. Исходя из этого были исследованы 3 основных вопроса: 1) математическое описание демодуляции; 2) количественная оценка всех важных составляющих параметров и их использование при вычислении генерации сигнала; 3) лучшее понимание концепции новых антенн. Было показано, что наибольший вклад в демодуляцию вносит $\beta(y)$, зависимость коэффициента усиления поля на вершине УНТ. Аналитически АМ приводит к большим токам по сравнению с FM (в 10 раз).

Моделирование наноструктур – это одно из направлений развивающийся науки – нанотехнологии. Результаты моделирования могут быть использованы при проектировании и разработке новых технических механизмов и устройств, созданных на основе УНТ и других нанообъектов.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1. К. С. Силич Моделирование радиоприемных устройств на основе многостенных углеродных нанотрубок / 51-я научная конференция студентов, аспирантов, магистрантов, Минск: БГУИР, 2015.

2. К. С. Силич Моделирование радиоприемных устройств на основе многостенных углеродных нанотрубок / VII Международная заочная конференция «Развитие науки в XXI веке», Харьков: 2015.